

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



553569

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/090232 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: E01C 19/38, E02D 3/074

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/003743

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. April 2004 (07.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 17 160.6 14. April 2003 (14.04.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): WACKER CONSTRUCTION EQUIPMENT AG
[DE/DE]; Preussenstr. 41, 80890 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SICK, Georg [DE/DE];
Zugspitzstrasse 9, 82340 Feldafing (DE).

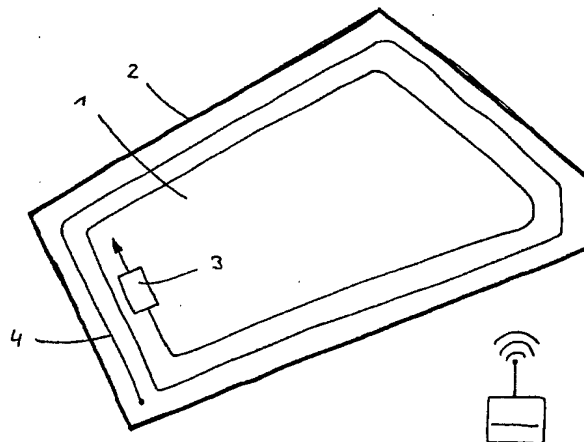
(74) Anwalt: HOFFMANN, Jörg, Peter; Müller . Hoffmann
& Partner, Innere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR THE AUTOMATIC COMPACTION OF SOIL

(54) Bezeichnung: SYSTEM UND VERFAHREN ZUR AUTOMATISIERTEN BODENVERDICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a soil compacting system which comprises a travelling and steerable soil compacting device (3) and a control device (5). The control device (5) is provided with an area definition device (6) which allows a user to establish an area (1) to be compacted and the area boundaries (2). A position detecting device (18) detects the actual position of the soil compacting device (3). A traveler (8a; 8b) changes the direction of travel of the soil compacting device (3) by presetting a standard value for a travelling movement of the soil compacting device (3) in such manner that the soil compacting device (3) does not travel past the respective area boundary (2) but continues its travel within the area (1). The system can additionally be provided with a path planning device (7) for fixing a presetting for a travel way (4) which makes sure that the soil compacting device (3), when keeping to the preset travel way, travels at least once completely across the area (1) to be compacted. The inventive system and method allow for an automatic compaction of the soil within an area (1) defined by a user.

(57) Zusammenfassung: Ein Bodenverdichtungssystem weist eine fahr- und lenkbare Bodenverdichtungsvorrichtung (3) sowie eine Steuervorrichtung (5) auf. Die Steuervorrichtung (5) weist eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2004/090232 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

auf. Weiterhin ist eine Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) vorgesehen. Ein Fahrtgeber (8a; 8b) ändert die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart durch Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3), dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt. Ergänzend kann eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4) vorgesehen sein, wobei sichergestellt ist, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt. Auf diese Weise wird eine automatische Verdichtung eines Bodens innerhalb einer vom Bediener vordefinierten Fläche (1) ermöglicht.

1 **System und Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung**

Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung.

5

Aus der DE 100 53 446 A1 ist eine fahrbare Bodenverdichtungs-
vorrichtung mit Fahrtrichtungsstabilisierung bekannt. Die Vorrichtung weist eine Bewe-
gungserfassungseinrichtung zum Erfassen der tatsächlichen Fahrbewegung
der Bodenverdichtungs-
vorrichtung auf. Die tatsächliche Fahrbewegung wird
10 mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen. Eventuelle Abwei-
chungen z. B. aufgrund von Störungen werden automatisch durch eine
Fahrtregelungseinrichtung korrigiert. Dadurch folgt die Bodenverdichtungs-
vorrichtung, z. B. eine Vibrationsplatte oder eine Walze, stabil einem vom
Bediener vorgegebenen Fahrweg.

15

Durch die Fahrtrichtungsstabilisierung kann der Bediener bereits deutlich
bei seiner Arbeit entlastet werden. Insbesondere kurze, stochastische Stö-
rungen der Fahrt der Bodenverdichtungs-
vorrichtung (hier: eine Vibrations-
platte) werden automatisch ausgeglichen, so dass der Bediener keine Gegen-
20 maßnahmen ergreifen muss, wenn die Bodenverdichtungs-
vorrichtung kurz-
zeitig von dem vorgegebenen Kurs abweicht. Jedoch erfordert insbesondere
das Verdichten größerer Flächen vom Bediener nach wie vor erhöhte Kon-
zentration, um die Bodenverdichtungs-
vorrichtung in einer sinnvollen Weise
zu fahren und um sicherzustellen, dass die Fläche vollständig verdichtet
25 wird. Aufgrund der relativ langsamen Fortbewegung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung kann diese Arbeit anstrengend und ermüdend sein. Daher ist es
wünschenswert, den Bedienungskomfort zusätzlich zu verbessern.

Aus der US-A-6,113,309 ist eine aus mehreren Walzenbandagen bestehende
30 Walzvorrichtung bekannt, die automatisch eine vorgegebene Strecke nach-
fährt und dadurch den Boden verdichtet. Die Vorgabe der Verdichtungs-
strecke erfolgt entweder durch mechanische Einrichtungen, z. B. durch Mar-
kierungen auf dem zu verdichtenden Boden, oder durch GPS-Daten, die vor-
her beim Ausbringen des zu verdichtenden Asphalts erfasst wurden. Das
35 Ziel der beschriebenen Lösung besteht darin, die Walzvorrichtung möglichst
exakt an der Seitenkante des Asphalts entlangfahren zu lassen, um eine
gleichmäßige Verdichtung zu erreichen.

1 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bodenverdichtungssystem und ein zugehöriges Verfahren anzugeben, mit dem die Bedienbarkeit und der Bedienungskomfort sowie die Wirtschaftlichkeit einer Bodenverdichtungs-
5 vorrichtung weiter verbessert werden können.

5 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bodenverdichtungssystem gemäß Anspruch 1 sowie durch Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung gemäß den Ansprüchen 27 und 28 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

10 Erfindungsgemäß ist das Bodenverdichtungssystem mit einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungs-
15 vorrichtung, z. B. einer Vibrationsplatte oder einer Walze, und einer Steuervorrichtung ausgestattet, wobei die Steuervorrichtung eine Flächendefinitionseinrichtung, eine Positionserfassungseinrichtung und einen Fahrtgeber aufweist. Die Flächendefinitionseinrichtung dient zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche sowie der zugehörigen Flächengrenzen durch den Bediener. Der Bediener hat somit die Möglichkeit, Angaben zu der zu verdichtenden Fläche in das Bodenverdichtungssystem einzugeben, oder dem System die Flächengrenzen anderweitig mitzuteilen.

20 Die Positionserfassungseinrichtung dient zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungs-
25 vorrichtung, wobei es wenigstens möglich sein muss, die Position der Bodenverdichtungs-
vorrichtung in der Nähe der Flächengrenzen, also bei Annäherung an die jeweiligen Flächengrenzen zu erfassen.

30 Mit dem Fahrtgeber schließlich kann die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung geändert werden. Dazu wird der Bodenverdichtungs-
vorrichtung ein Sollwert für eine Fahrbewegung vom Fahrtgeber derart vorgege-
35 ben, dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche ihre Fahrt fortsetzt. Wenn somit die Bodenverdichtungs-
vorrichtung sich einer jeweiligen Flächengrenze annähert, und die Gefahr besteht, dass sie bei unverändert fortgeführter Fahrt die Flächengrenze überfahren würde, kann der Fahrtgeber durch Än-
35 dern der Fahrtrichtung die entsprechenden Maßnahmen einleiten, um ein Überfahren der Flächengrenze zu verhindern. Der Fahrtgeber kann dazu verschiedenen Regeln unterworfen sein, die später noch erläutert werden.

1 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Po-
sitionserfassungseinrichtung wenigstens zum Erfassen einer Annäherung
der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen ausgebildet,
wobei die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber änderbar ist, wenn die Posi-
5 tionserfassungseinrichtung eine Annäherung an die Flächengrenze feststellt.

Dadurch, dass die Positionserfassungseinrichtung lediglich eine Annäherung
der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine Flächengrenze feststellen muss,
nicht jedoch permanent die tatsächliche Position der Bodenverdichtungsvor-
10 richtung innerhalb der gesamten Fläche, kann die Positionserfassungsein-
richtung vergleichsweise einfach und damit preiswert ausgeführt werden.
Nur bei Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an die jeweilige Flä-
chengrenze, z. B. bei Unterschreiten eines vorgegebenen Abstandswerts von
einem Meter, muss die Positionserfassungseinrichtung dann ein Signal ab-
15 geben.

Dieses Signal wird von dem Fahrtgeber empfangen, der daraufhin Maßnah-
men zur Änderung der Fahrtrichtung einleitet, um ein Überfahren der Flä-
chengrenze zu vermeiden.

20 Die Flächendefinitionseinrichtung kann eine Definition der Flächengrenzen
mit Hilfe von mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder ka-
pazitiven Mitteln ermöglichen. Besonders einfach ist z. B. eine Kennzeich-
nung der Flächengrenzen mit Hilfe eines gespannten Drahtes, der von der
25 Bodenverdichtungsvorrichtung nicht überfahren werden darf. Eine als Posi-
tionserfassungseinrichtung dienende Antenne oder ein geeigneter Fühler
kann eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an den Draht
feststellen und das erforderliche Annäherungssignal an den Fahrtgeber
übermitteln.

30 Alternativ dazu lassen sich die Flächengrenzen z. B. auch durch aufge-
sprühte Farbmarkierungen oder Laserstrahlen definieren, wobei die Posi-
tionserfassungseinrichtung optische Mittel (Fotodetektoren, Kameras, o. Ä.)
aufweist, um die optischen Signale auszuwerten.

35 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Fahrtgeber eine Änderung der Fahrt-
richtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, wäh-

1 rend des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel bewirkt. Das
bedeutet, dass die Vibrationsplatte bei Erreichen einer Flächengrenze jeweils
mit dem vorgegebenen Winkel nach links oder rechts abbiegt und die Fahrt
dann in Geradeausrichtung fortführt. Dabei ist selbstverständlich sicherzu-
5 stellen, dass die Abbiegerichtung nicht so gewählt wird, dass die Bodenver-
dichtungsvorrichtung nach dem Abbiegen weiterhin das Bestreben hat, die
sich in ihrer Nähe befindliche Flächengrenze zu überfahren. Es kann daher
besonders vorteilhaft sein, wenn der Änderungswinkel ein spitzer Winkel
kleiner als 90° ist, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung mit spitzem
10 Winkel von der Flächengrenze "reflektiert" wird.

Alternativ dazu ist es bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung
möglich, dass sich der "Abbiegewinkel" jeweils ändert und nach dem Zu-
fallsprinzip - oder aus einer vorgegebenen Tabelle - durch den Fahrtgeber
15 ausgewählt wird.

Diese Maßnahmen sind geeignet, ein zufälliges Überfahren der zu verdich-
tenden Fläche durch die Bodenverdichtungsvorrichtung zu gewährleisten.
Im Laufe der Zeit ist es dadurch möglich, nahezu die gesamte Fläche voll-
20 ständig zu überfahren. Sofern gegen Ende des Verdichtungsprozesses einzel-
ne Bodenbereiche noch nicht überfahren und somit verdichtet worden sind,
kann der Bediener nachfolgend manuell eingreifen und diese Flächen gezielt
verdichten.

25 Bei einer anderen, besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung
ist eine Wegplanungseinrichtung zum Festlegen einer Vorgabe für einen
Fahrweg (Kurs) aufgrund der festgelegten Fläche vorgesehen, wobei die Bo-
denverdichtungsvorrichtung bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu ver-
dichtende Fläche wenigstens einmal vollständig überfährt.

30 Das bedeutet, dass aufgrund der in der Flächendefinitionseinrichtung ge-
speicherten Angaben zu der zu verdichtenden Fläche und der zugehörigen
Flächengrenzen ein Fahrweg geplant werden kann, dem die Bodenverdich-
tungsvorrichtung folgen muss, um die zu verdichtende Fläche zu überfah-
35 ren. Die Fahrwegsplanung kann mit Rechnerunterstützung automatisiert
durchgeführt werden, wobei auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrich-
tung berücksichtigt wird. Gerade bei einfach geschnittenen Flächen jedoch

- 1 ist es auch möglich, die Fahrwegsplanung dem Bediener zu überlassen. Er muss lediglich - z. B. durch Einzeichnen des Fahrwegs in eine auf einem Bildschirm dargestellte Fläche - die Fahrwegskordinaten vorgeben.
- 5 Vorteilhafterweise ist die Positionserfassungseinrichtung zum ständigen Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der Flächengrenzen ausgebildet. Das bedeutet, dass die Positionserfassungseinrichtung stets die genaue Position - ggfs. sogar die Fahrtrichtung - der Bodenverdichtungsvorrichtung kennt.
- 10 Bei dieser Ausführungsform ist der Fahrtgeber derart ausgebildet, dass er aufgrund eines Vergleichs der von der Positionserfassungseinrichtung übermittelten aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung mit der von der Wegplanungseinrichtung gegebenen Fahrwegsvorgabe einen Sollwert für
- 15 eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Dieser Sollwert wird derart gewählt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung der Fahrwegsvorgabe folgt.
- 20 Bei dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform ist es somit möglich, nach Eingabe der Koordinaten der zu verdichtenden Fläche einen Fahrweg festzulegen, dem die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch folgt. Der Fahrtgeber stellt sicher, dass die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht von dem vorgegebenen Fahrweg abweicht. Vielmehr kann der Fahrtgeber durch Beeinflussung der Antriebe der Bodenverdichtungsvorrichtung,
- 25 insbesondere von Vorschub und Lenkung gewährleisten, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung den vorgegebenen Weg nachfährt.
- 30 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Flächendefinitionseinrichtung eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthaltsortes auf. Weiterhin ist ein Speicher mit geografischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche mit der Flächendefinitionseinrichtung gekoppelt.
- 35 Damit ermöglicht es die Flächendefinitionseinrichtung, erforderliche Ortsinformationen zu dem Gebiet, in dem sich die zu verdichtende Fläche befindet, bereitzustellen und gegebenenfalls dem Bediener zu präsentieren. Zum Bei-

1 spiel kann die Flächendefinitionseinrichtung mit Hilfe eines GPS-Empfän-
gers ihren Aufenthaltsort bestimmen und aus einem magnetooptischen Spei-
chermedium (CD-ROM, DVD-ROM) zugehörige Ortsdaten auslesen und dem
Bediener auf einem Display anzeigen. Für den Bediener ist es dann einfach
5 möglich, auf dem Bildschirm die nötigen Vorgaben zur Definition der zu ver-
dichtenden Fläche einzugeben. Dazu ist es vorteilhaft, wenn die Flächen-
grenzen durch absolute Ortskoordinaten definierbar sind.

Die Definition der Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten ist auch
10 besonders dann zweckmäßig, wenn auch die Positionserfassungseinrichtung
die absoluten Ortskoordinaten der Bodenverdichtungsanordnung bestimmt.
Die jeweils vorliegenden Koordinaten lassen sich dann in geeigneter Weise in
Einklang bringen.

15 Die Fahrwegsvorgabe wiederum kann durch die Wegplanungseinrichtung in
Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definiert
werden. Relative geografische Ortskoordinaten haben den Vorteil, dass -
ausgehend von einem Referenzpunkt - auch Relativangaben (Winkel, Rich-
tungen, Himmelsrichtungen, Fahrstrecken) ausreichen, um den Fahrweg zu
20 definieren.

Sofern die Wegplanung automatisiert erfolgen soll, ist es zweckmäßig, wenn
die Wegplanungseinrichtung mathematische Algorithmen zur weg- und/oder
zeitoptimierten Wegplanung aufweist. Aufgrund der Tatsache, dass bei der
25 Fahrt einer Bodenverdichtungsanordnung ohnehin gewisse Toleranzen auf-
treten, sind die Anforderungen an die Optimierungsalgorithmen nicht sehr
hoch zu stellen. So kann es für die meisten Fälle ausreichen, wenn die Algo-
rithmen ein Hin- und Herfahren der Bodenverdichtungsanordnung oder ei-
nen mäander- bzw. spiralförmigen Fahrweg planen.

30 Besonders vorteilhaft ist es, wenn wenigstens ein Teil der Komponenten der
Steuervorrichtung, insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung, der
Fahrgeber oder die Wegplanungseinrichtung räumlich getrennt von der Bo-
denverdichtungsanordnung angeordnet sind. Die Bodenverdichtungsan-
35 ordnung ist naturgemäß stark schwingungsbehaftet. Sofern die genannten
Komponenten nicht auf der Bodenverdichtungsanordnung selbst, sonder
räumlich davon getrennt aufgestellt werden können, lassen sich auch emp-

1 findlichere elektronische Bauteile verwenden, die beim Einsatz nahe eines Schwingungserregers der Bodenverdichtungs-
vorrichtung schnell Schaden nehmen würden.

5 Zur Übermittlung der erforderlichen Daten zwischen den Komponenten, insbesondere zwischen dem Fahrtgeber und der Bodenverdichtungs-
vorrichtung, kann vorteilhafterweise eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke eingesetzt werden. Darüber sollte wenigstens der Sollwert vom Fahrtgeber übermittelt
werden.

10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn darüber hinaus eine Eingabeeinrichtung zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber vorgegebenen Sollwerts
vorgesehen ist. Damit hat der Bediener die Möglichkeit, z. B. wenn Gefahr im Verzug ist, die automatische Steuerung der Bodenverdichtungs-
15 vorrichtung durch manuellen Eingriff außer Kraft zu setzen, so dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung lediglich den manuellen Befehlen gehorcht.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung mit einem - ggfs. räumlich von der Bodenverdichtungs-
20 vorrichtung getrennt vorgesehenen - Speicher gekoppelt, um Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungs-
vorrichtung erreichten Positionen zu speichern. Diese Daten können z. B. absolute geografische Ortskoordinaten sein.

Die gespeicherten Daten lassen sich z. B. an eine Auswerteeinrichtung über-
25 geben, die unter Berücksichtigung der Daten der Flächendefinitionseinrichtung z. B. in grafischer Weise den Verdichtungserfolg darstellt. Dazu können durch die Auswerteeinrichtung auf einem Display die vorgegebenen Flächen-
grenzen dargestellt sowie die von der Bodenverdichtungs-
vorrichtung zum je-
weiligen Zeitpunkt bereits verdichtete Fläche angezeigt werden. Dadurch ist
30 es für den Bediener sehr einfach festzustellen, ob die Bodenverdichtungs-
vorrichtung die vorgegebene Fläche in der gewünschten Weise überfahren und
verdichtet hat. Bei der grafischen Anzeige kann selbstverständlich auch die
Breite der Bodenverdichtungs-
vorrichtung und damit die Breite der jeweils
verdichteten Spur Berücksichtigung finden.

35 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung nutzt das Bodenverdichtungssystem eine Bodenverdichtungs-
vorrichtung, wie sie z. B.

1 aus der DE 100 53 446 A1 bekannt ist. Wie bereits oben ausgeführt, weist
eine derartige Bodenverdichtungs- vorrichtung eine Fahrtrichtungsstabilisie-
5 rung auf, die es ermöglicht, dass die Bodenverdichtungs- vorrichtung exakt
dem von einem Bediener vorgegebenen Weg folgt.

5 Dazu weist die Bodenverdichtungs- vorrichtung einen z. B. einen Schwin-
gungserreger umfassenden Fahr- antrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewe-
gung, eine Lenkeinrichtung zum Erzeugen eines Giermoments um eine
Hochachse der Bodenverdichtungs- vorrichtung sowie eine Bewegungserfas-
10 sungs- einrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung auf.
Weiterhin ist eine Fahrtregelungs- einrichtung vorgesehen, die mit dem Ist-
wert und dem vom Fahrtgeber des Bodenverdichtungs- systems vorgegebenen
Sollwert beaufschlagbar ist und die Lenkeinrichtung bzw. den Fahr- antrieb
15 derart ansteuert, dass eine Differenz zwischen Ist- und Sollwert minimal
wird.

Die aus der DE 100 53 446 A1 bekannte Bodenverdichtungs- vorrichtung wird
somit durch die Erfindung weiterentwickelt. Während dort nämlich die Soll-
wertvorgabe mittels einer Fernsteuerung durch den Bediener erfolgte, wird
20 der Sollwert erfindungsgemäß von dem Fahrtgeber vorgegeben, der versucht,
die Bodenverdichtungs- vorrichtung innerhalb der zu verdichtenden Fläche zu
bewegen. Die aus der DE 100 53 446 A1 beschriebene Fahrtrichtungsstabili-
sierung erleichtert dem Fahrtgeber die Arbeit, weil Störungen beim Verfah-
ren der Bodenverdichtungs- vorrichtung, z. B. durch unebene Böden, Steine,
25 Querkräfte, etc., sofort durch die Bodenverdichtungs- vorrichtung selbst aus-
geregelt werden und nicht eine Abweichung der Bodenverdichtungs- vorrich-
tung vom vorgegebenen Kurs bewirken.

Auf diese Weise weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungs- system we-
30 nigstens zwei Regelkreise auf: Der äußere Regelkreis umfasst den Fahrtge-
ber und bewirkt, dass die Bodenverdichtungs- vorrichtung einem bestimmten
Weg bzw. Kurs folgt. Der Weg kann entweder ein mehr oder weniger zufällig
bestimmter Weg innerhalb der Grenzen der zu verdichtenden Fläche oder ein
exakt durch die Wegplanungs- einrichtung vorgegebener Fahrweg sein. Der
35 innere Regelkreis hingegen ist direkt mit der Bodenverdichtungs- vorrichtung
gekoppelt und erkennt bereits geringfügige Abweichungen von einer durch
den äußeren Regelkreis vorgegebenen Fahrtrichtung bei einer Geradeaus-

- 1 oder Kurvenfahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung. Durch Kombination der beiden Regelkreise ist es möglich, die Bodenverdichtungsvorrichtung sehr präzise auf der zu verdichtenden Fläche zu verfahren.
- 5 Der mechanische Aufbau einer als Bodenverdichtungsvorrichtung geeigneten Vibrationsplatte ist an sich bekannt und in der DE 100 53 446 A1 ausführlich beschrieben, so dass sich eine Wiederholung erübrigt. Jedenfalls ist es zweckmäßig, wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung einen Schwingungserreger mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig formschlüssig drehbaren
- 10 Wellen aufweist, die jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragen und deren Phasenlage zueinander verstellbar ist. Durch die Verstellung der Phasenlage ist es möglich, eine Fahrbewegung der Vibrationsplatte in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung zu bewirken.
- 15 Besonders vorteilhaft ist es, wenn auf wenigstens einer der Wellen des Schwingungserregers zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind, die hinsichtlich ihrer Phasenlage zueinander verstellbar sind. Dadurch wird eine Lenkeinrichtung gebildet, mit der es dann möglich ist, die Phasenlage der Unwuchtmassen zueinander einzustellen und dadurch ein Giermoment
- 20 um die Hochachse der Vibrationsplatte zu erzeugen, was eine Verdrehung der Vibrationsplatte über dem Boden zur Folge hat.
- Aufgrund der hochentwickelten Fahrtregelungseinrichtung ist es nicht nur möglich, die Vibrationsplatte hin- und her zu verfahren bzw. im Stand zu
- 25 verdrehen. Vielmehr lassen sich auch Kurvenradien durch Überlagerung der Vortriebsbewegung und des Giermoments präzise durchfahren. Diesen besonderen Vorteil macht sich das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem zunutze, um insbesondere in Kombination mit der Wegplanungseinrichtung optimierte Fahrwege auf der zu verdichtenden Fläche zu realisieren.
- 30
- Bei einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung sind in der Vibrationsplatte mehrere Schwingungserregungseinrichtungen vorgesehen, die nach dem gleichen, oben beschriebenen Zwei-Wellen-Prinzip arbeiten. Dabei
- 35 ist es vorteilhaft, wenn die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Schwingungserregungseinrichtung von denen der anderen abweicht. Durch gezielte individuelle Ansteuerung der einzelnen Schwingungserregungsein-

1 richtungen ist es dann möglich, die Vibrationsplatte in verschiedene Rich-
tungen zu bewegen, ohne dass die den Boden berührende Bodenkontaktplat-
te über dem Boden verdreht werden muss. Vielmehr bleibt die Relativstel-
lung der Bodenkontaktplatte zum Boden erhalten, während die Bodenkon-
5 taktplatte und damit die gesamte Vibrationsplatte aufgrund der Wirkung
der jeweiligen Schwingungserregungseinrichtungen in die gewünschte Rich-
tung bewegt wird. Die jeweils nicht zum Vortrieb oder zur Lenkung genutz-
ten Schwingungserregungseinrichtungen können dabei derart eingestellt
werden, dass sie lediglich eine Vertikalschwingung erzeugen, die ausschließ-
10 lich zur Bodenverdichtung genutzt werden kann, wie auch in der DE 100 53
446 A1 beschrieben.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung dieser Variante weist die
von den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Bodenkontakt-
15 platte einen im Wesentlichen kreisförmigen Grundriss auf. Dieser Grundriss
ermöglicht es in besonders einfacher Weise, die Vibrationsplatte gleichmäßig
in alle Himmelsrichtungen zu bewegen.

Wie bereits oben dargelegt, lässt sich das erfindungsgemäße Bodenverdich-
20 tungssystem zur Realisierung von zwei alternativen Verfahren zur automati-
sierten Bodenverdichtung nutzen:

Nach einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird die Bodenverdich-
tungsvorrichtung automatisch innerhalb der Flächengrenzen, vorzugsweise
25 in Geradeausrichtung verfahren, wobei eine Annäherung der Bodenverdich-
tungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen erfasst wird. Bei Annäherung
an eine Flächengrenze erfolgt ein automatisches Ändern der Fahrtrichtung
der Bodenverdichtungsvorrichtung derart, dass die Bodenverdichtungsvor-
richtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der
30 Fläche die Fahrt fortsetzt.

Gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren ist es ebenfalls möglich,
zunächst die Flächengrenzen der zu verdichtenden Fläche zu definieren, wo-
bei die die Flächengrenzen repräsentierenden Daten gespeichert werden
35 können. Aufgrund dieser Daten wird eine Vorgabe für einen Fahrweg ge-
plant, mit dem sichergestellt wird, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung
bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche wenigstens

1 einmal vollständig überfährt. Schließlich wird die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch entlang der Fahrwegsvorgabe verfahren.

Die bisher beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung zielen im Wesentli-
5 chen auf eine geometrische Vorgabe bzw. Beeinflussung des Fahrwegs der Bodenverdichtungsvorrichtung ab. Bei einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung ist es alternativ oder ergänzend möglich, den Bodenverdichtungszustand des Bodens zu erfassen und als Kriterium für die Wegplanung zu nutzen. Dies ist insbesondere jeweils an der Stelle möglich, die
10 gerade von der Bodenverdichtungsvorrichtung überfahren wird. So ist es zum Beispiel bekannt, aufgrund der auf eine Bodenkontaktplatte der Bodenverdichtungsvorrichtung wirkenden Reaktionskräfte des Bodens oder aufgrund seines Dämpfungsverhaltens Rückschlüsse auf den Verdichtungs-
15 stand zu ziehen. Auch ist es möglich, aufgrund von Änderungen dieses Verhaltens zu erkennen, inwieweit der Boden bereits verdichtet ist. In diesem Zusammenhang sei zum Beispiel auf die DE 100 46 336 A1, WO-A-98-17865 und WO-A-95-10664 verwiesen, in denen derartige Möglichkeiten zum Feststellen des Verdichtungszustandes erörtert sind.

20 Die auf diese Weise gewonnene Information über den Ist-Verdichtungs-
zustand des Bodens wird mit einem Sollwert verglichen, den der Bediener über ein geeignetes Eingabemedium, zum Beispiel aber auch per Fernsteuerung oder über einen Computer (Laptop) eingeben kann. Wenn erkannt wird, dass
25 der Ist-Verdichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und somit das gewünschte Verdichtungsergebnis in diesem Bereich des Bodens erzielt worden ist, kann die Wegplanungseinrichtung eine Änderung der Fahrwegsvorgabe derart vornehmen, dass der betreffende Bodenbereich
30 nicht nochmals überfahren wird. Es ist somit möglich, durch Kombination der Flächendefinitionsdaten des zu verdichtenden Bodens und der Positionsdaten der Bodenverdichtungsvorrichtung einerseits mit den ermittelten Verdichtungsdaten andererseits durch die Wegplanungseinrichtung eine Strategie festzulegen, um eine weg- oder zeitoptimierte Wegstrecke für die Fahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung vorzugeben. Dies ist insbesondere dann
35 hilfreich, wenn mehrere Übergänge der Bodenverdichtungsvorrichtung über den Boden erforderlich sind.

Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend

1 unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Draufsicht einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Bodenverdichtungssystem in der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 ein Schema zur Erläuterung der Fahrtregelung bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 5 verschiedene Varianten einer Bodenverdichtungsvorrichtung für das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem.

20 **Fig. 1** zeigt in schematischer Draufsicht eine zu verdichtende Fläche 1, die von (in der Realität unsichtbaren) Flächengrenzen 2 umschlossen bzw. definiert ist.

25 Die Fläche 1 besteht z. B. aus einem locker aufgeschütteten Boden aus Kies oder Erde und ist zur Verfestigung durch eine Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu verdichten. Als Bodenverdichtungsvorrichtung 3 eignet sich in üblicher Weise eine an sich bekannte Vibrationswalze oder eine Vibrationsplatte. Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 weist wenigstens einen Schwingungserreger auf, mit dem eine Bandagentrommel (bei der Walze) oder eine
30 Bodenkontaktplatte (bei der Vibrationsplatte bzw. Rüttelplatte) mit einer vorzugsweise vertikalen Schwingung beaufschlagt wird. Dieses Bodenverdichtungsprinzip ist seit langem bekannt und bewährt, so dass sich eine weitergehende Erläuterung erübrigt.

35 In **Fig. 1** ist dargestellt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 innerhalb der Flächengrenzen 2 entlang eines Fahrwegs 4 bewegt wurde und dadurch bereits einen Teil der Fläche 1 verdichtet hat. Der Fahrweg 4 in dem in **Fig.**

1 1 gezeigten Beispiel verläuft im Wesentlichen spiralförmig. Selbstverständ-
lich ist es auch möglich, die Fläche 1 mit Hilfe von anderen Fahrwegen, z. B.
einem mäanderförmigen Weg, einem Hin- und Herverfahren der Bodenver-
dichtungsvorrichtung 3, einer Zickzack-Fahrt oder gar durch völlig zufälliges
5 Überfahren der Fläche 1 zu verdichten.

Zur Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist es unter anderem
bekannt, eine Fernsteuerung 5 vorzusehen, die Steuerbefehle an die Boden-
verdichtungsvorrichtung 3 über Kabel oder kabellos über eine Funk-, Infra-
10 rot- oder Laserstrecke übermittelt und dadurch die Vorwärts-, Rückwärts-
oder Lenkbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 kontrolliert. Übli-
cherweise wird die Fernsteuerung 5 von einem Bediener gehalten, der da-
durch die gewünschten Steuerbefehle vorgeben kann.

15 Erfindungsgemäß jedoch weist die Fernsteuerung 5 erheblich mehr Kompo-
nenten und Funktionen auf, als aus dem Stand der Technik bekannt. Dies
wird im Zusammenhang mit Fig. 2 deutlich.

Danach weist die Fernsteuerung 5 (auch als Steuervorrichtung bezeichnet)
20 unter anderem eine Flächendefinitionseinrichtung 6, eine Wegplanungsein-
richtung 7, einen Fahrtgeber 8a sowie eine zusätzliche Eingabeeinrichtung 9
auf. Insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung 6, die Wegplanungsein-
richtung 7 und der Fahrtgeber 8a können besonders vorteilhaft softwaremä-
ßig in einem Computer 10, z. B. einem Laptop, mit einer Eingabeeinrichtung
25 11 und einer Anzeige 12 untergebracht werden.

Über einen Sender 13 ist die Fernsteuerung 5 über eine Funk-, Infrarot-
oder Laserstrecke mit einem Empfänger 14 auf der Bodenverdichtungsvor-
richtung 3 gekoppelt, der die von der Fernsteuerung 5 erhaltenen Steuer-
30 signale an eine Fahrtregelungseinrichtung 15 weitergibt.

Die Fahrtregelungseinrichtung 15 der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 dient
zum Ansteuern eines Schwingungserregers 16, der in bekannter Weise eine
Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung in eine Bodenkontaktplatte 17
35 einleitet. Der Schwingungserreger 16 besteht aus einem sogenannten Zwei-
Wellen-Erreger, wobei die Wellen 25, 26 formschlüssig gegenläufig drehbar
miteinander gekoppelt sind und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tra-

1 gen. Außer zur Erzeugung der Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung
dient der Schwingungserreger 16 auch zum Erzeugen einer Kraftwirkung in
Fahrtrichtung (vorwärts oder rückwärts) sowie zum Erzeugen eines Giermo-
ments um die Hochachse der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3, um eine
5 Lenkbewegung zu erzeugen. Ein derartiger Schwingungserreger 16 ist z. B.
aus der DE 100 53 446 A1 sowie der DE-G 78 18 542.9 bekannt, so dass
sich eine weitergehende Beschreibung erübrigt.

An der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 ist darüber hinaus eine Positionser-
fassungseinrichtung 18 zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenver-
dichtungs Vorrichtung 3 vorgesehen. Bei der Positionserfassungseinrichtung
18 kann es sich z. B. um einen GPS-Empfänger handeln. Alternativ dazu ist
es möglich, die Positionserfassungseinrichtung 18 auch räumlich getrennt
von der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3, z. B. an der Fernsteuerung 5, vor-
15 zusehen, wobei dann Mittel vorhanden sein müssen, mit denen die Posi-
tionserfassungseinrichtung 18 relativ präzise den jeweiligen aktuellen
Standort der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 feststellen kann (Laser, Radar).

Sofern die Positionserfassungseinrichtung 18 auf der Bodenverdichtungs Vor-
richtung 3 angeordnet ist, genügt es, wenn sie zum Bestimmen von absolu-
ten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen eigenen Aufenthaltsortes
ausgebildet ist. Wenn aber die Positionserfassungseinrichtung 18 außerhalb
von der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 aufgebaut wird, muss sie selbst-
verständlich in der Lage sein, die Ortskoordinaten des jeweiligen Aufent-
25 haltsortes der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 zu bestimmen.

Ebenso ist es möglich, den Fahrtgeber 8a statt in der Fernsteuerung 5 eben-
falls an der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 anzuordnen (Bezugszeichen
8b). Grundsätzlich ist aber zu beachten, dass jegliche Elektronik möglichst
30 fernab von der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 angeordnet werden sollte,
um eine Beschädigung durch die starken Schwingungen des Schwingungser-
regers 16 zu vermeiden. Sofern also möglich, sollten die erforderlichen Da-
ten an der Fernsteuerung 5 generiert und dann nur noch zur Steuerung des
Schwingungserregers 16 an die Bodenverdichtungs Vorrichtung 3, über den
35 Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 übermittelt werden.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines ersten Bei-

1 spiels erläutert. In dem Computer 10 ist ein nicht dargestellter Speicher, z.
B. eine CD-ROM, vorgesehen, auf der geografische Ortsdaten gespeichert
sind, die wenigstens den Bereich betreffen, in dem sich die zu verdichtende
Fläche 1 befindet. Derartige Speichermedien sind z. B. für Navigationssysteme
5 in Fahrzeugen erhältlich.

Über einen nicht dargestellten GPS-Empfänger, der beispielsweise auch in
der Positionserfassungseinrichtung 18 vorgesehen sein kann, erhält die Flächendefinitionseinrichtung 6 die erforderlichen Angaben, um aus dem Orts-
10 speicher die geografischen Ortsangaben zu ermitteln und auf der Anzeige 12
darzustellen. Mit Hilfe der Eingabeeinrichtung 11, wozu auch eine bekannte
Maus-Steuerung oder andere grafische Eingabemittel gehören können, definiert der Bediener auf der Anzeige 12 die Grenzen 2 der zu verdichtenden
Fläche 1. In der Flächendefinitionseinrichtung 6 werden die grafischen Ein-
15 gaben vom Bediener in absolute oder relative Ortskoordinaten umgesetzt
und der Wegplanungseinrichtung 7 zur Verfügung gestellt.

Absolute Ortskoordinaten, z. B. in Form von GPS-Koordinaten, eignen sich
besonders gut für eine präzise Bodenverdichtung einer größeren Fläche. Al-
20 ternativ dazu ist es auch möglich, mit relativen Ortskoordinaten zu arbeiten
und - ausgehend von einem Referenzpunkt - mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 Relativangaben, wie z. B. Längen, Winkel, Himmelsrichtungen, einzugeben.

25 Die Verwendung von relativen Ortskoordinaten kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn sich die Bestimmung absoluter Ortskoordinaten (z. B. GPS-Koordinaten) als schwierig oder zu ungenau erweist. Zur Bestimmung der relativen Ortskoordinaten kann die Positionserfassungseinrichtung z. B. einen in der Nähe der zu verdichtenden Fläche 1 aufgestellten Sender auf-
30 weisen, der die Fläche 1 mit einem bestimmten Signal überstreicht. Vorteilhafterweise ist darüber hinaus ein zweiter Sender von dem ersten Sender räumlich getrennt aufgebaut, der ebenfalls ein Signal abstrahlt, so dass ein zu der Positionserfassungseinrichtung 18 gehörender Empfänger auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 durch Auswertung der Signale (z. B. durch
35 Bestimmung von Interferenzen oder Phasenunterschieden) die genaue Relativstellung sowie gegebenenfalls die Relativbewegung zu den Sendern ermitteln kann. Der zweite Sender kann auch durch einen Transponder gebildet

- 1 werden, dem von außen kein zweites Signal zugeführt wird und der lediglich das Singal des ersten Senders zurückgibt, so dass das aufwändige Verlegen von Leitungskabeln zu dem zweiten Sender entfällt.
- 5 Selbstverständlich sind auch andere Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung der Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wie sie z. B. aus der Seefahrt- und der Flugzeugtechnik oder neuerdings aus der Fahrzeugnavigation bekannt sind.
- 10 Die Wegplanungseinrichtung 7 legt aufgrund von mathematischen Algorithmen einen Fahrweg fest, auf dem sich die Vibrationsplatte 3 bewegen muss, um die Fläche 1 vollständig zu verdichten. Wie bereits beschrieben ist es dabei möglich, als Zielvorgabe für die Wegplanung einen spiralförmigen Weg, einen mäandrierenden oder streifenförmigen Verlauf oder eine Zickzack-Bewegung des Wegs vorzugeben. Selbstverständlich sind hier verschiedene Bewegungsschemata möglich, die vom Bediener ausgewählt werden können. Ziel der Wegplanung ist es, die zu verdichtende Fläche 1 wenigstens einmal vollständig zu überfahren. Um eine ausreichende Bodenverdichtung erreichen zu können, wird es jedoch oftmals erforderlich sein, die Fläche mehrmals zu überfahren. Diese Anforderung kann ebenfalls bei der Wegplanung berücksichtigt werden.
- 15
20

Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 wird manuell, z. B. mit Hilfe der Eingabeeinrichtung 9, vom Bediener in die Nähe oder auf die zu verdichtende Fläche 1 gefahren.

25

Zu Beginn der Verdichtungsarbeit erhält der Fahrtgeber 8a in der Fernsteuerung 5 bzw. der alternative Fahrtgeber 8b auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 einerseits die den vorgegebenen Fahrweg 4 repräsentierenden Daten von der Wegplanungseinrichtung 7 und andererseits Signale von der Positionserfassungseinrichtung 18, die den Fahrtgeber 8a, 8b über die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 informiert. Der Fahrtgeber 8a, 8b leitet dann über die Fahrtregelungseinrichtung 15 die entsprechenden Maßnahmen ein, um die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 auf dem von der Wegplanungseinrichtung 7 vorgegebenen Kurs zu bewegen. Wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 vom vorgegebenen Fahrweg 4 abweicht, regelt der Fahrtgeber 8a/8b entsprechend gegen, um die Abweichung zu kompensieren.

30
35

1 sieren.

Auf diese Weise ist eine automatische Verdichtung der Fläche 1 möglich, ohne dass der Bediener eingreifen und die Fahrt manuell steuern muss.

5

Lediglich für Notfälle oder bei besonderen Hindernissen steht ihm die Eingabeeinrichtung 9 zur Verfügung, die - wie eine klassische Fernsteuerung - über den Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 das Fahrverhalten der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 beeinflusst.

10

Alternativ dazu ist es auch möglich, durch die Eingabeeinrichtung 9 den vom Fahrtgeber 8a/8b vorgegebenen Sollwert nachträglich zu verändern und dann erst an die Fahrtregelungseinrichtung 15 zur Steuerung des Schwingungserregers 16 weiterzuleiten.

15

Zur Sicherheit ist es zweckmäßig, dass die Eingabeeinrichtung 9 in jedem Fall die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überstimmen kann. Auf diese Weise behält der Bediener die Kompetenz, die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 jederzeit und unabhängig von der Automatik steuern zu können.

20

Damit die Positionserfassungseinrichtung 18 ihre Daten an die Steuervorrichtung 5 übermitteln kann, ist es zweckmäßig, wenn einerseits der Empfänger 14 auch als Sender und andererseits der Sender 13 auch als Empfänger ausgebildet ist. Auf diese Weise ist ein ständiger Austausch der Daten zwischen der Steuervorrichtung 5 und der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wobei auch andere, nicht die Erfindung betreffende Informationen, wie z. B. Motordrehzahl, Schwingungsfrequenzen, Schwingungsamplituden, Öltemperatur, Daten zur Bestimmung des aktuellen Verdichtungs Zustands des Bodens, etc., übertragen und z. B. auf der Anzeige 12 angezeigt werden können.

25

30

35

Die räumliche Zuordnung der Komponenten der Steuervorrichtung/Fernsteuerung 5 ist nicht so streng wie in Fig. 2 dargestellt. So ist es ohne weiteres möglich, zumindest einzelne Komponenten der Steuervorrichtung 5 auch direkt auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzuordnen, wenn dies zweckmäßig ist. Auch ist es möglich, die Steuervorrichtung 5 vollständig, d.

1 h. einschließlich der Eingabeeinrichtung 11 und der Anzeige 12 direkt auf
der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzuordnen. Das kann besonders dann
zweckmäßig sein, wenn die Flächendefinition in besonders einfacher Weise,
z. B. ohne Zuhilfenahme von GPS-Koordinaten, erfolgen soll.

5
Besonders hilfreich ist es, wenn die Daten der Positionserfassungseinrich-
tung 18 zusätzlich in einem Speicher abgelegt werden, der mit einer Auswer-
teeinrichtung gekoppelt ist. Die Auswerteeinrichtung ist in der Lage, die Da-
ten der Positionserfassungseinrichtung 18 grafisch z. B. auf der Anzeige 12
10 darzustellen. Auf diese Weise hat der Bediener die Möglichkeit, relativ leicht
den bereits zurückgelegten Fahrweg der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu
kontrollieren und z. B. mit der vordefinierten Fläche 1 bzw. deren Flächen-
grenzen 2 zu vergleichen. Ebenfalls kann der von der Wegplanungseinrich-
tung 7 vorgegebene Fahrweg 4 auf der Anzeige 12 dargestellt werden, was
15 die Kontrollmöglichkeit für den Bediener verbessert. Jedenfalls hat der Be-
diener damit die Möglichkeit zu erkennen, ob die Vibrationsplatte 3 tatsäch-
lich die Fläche 1 in der gewünschten Weise überfahren hat.

Alternativ zu einer grafischen Darstellung können auch Istwertprotokolle er-
20 stellt werden, die in schriftlicher Form mit den Sollwertvorgaben verglichen
werden können.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung
erläutert.

25
Diese Variante ist einfacher gestaltet als die weiter oben beschriebene erste
Ausführungsform. Insbesondere ist es hierbei nicht erforderlich, permanent
die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu erfassen. Eben-
falls ist keine Wegplanungseinrichtung erforderlich. Die Definition der zu
30 verdichtenden Fläche 1 mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 kann
ebenfalls vereinfacht vorgenommen werden.

Der der zweiten Ausführungsform zugrundeliegende Gedanke der automati-
schen Bodenverdichtung besteht darin, dass die zu verdichtende Fläche
35 mehr oder weniger zufällig von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 über-
fahren wird. Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 fährt dabei vorzugsweise
stets geradeaus, bis sie eine der Flächengrenzen 2 erreicht. Dort angekom-

1 men ändert sie ihre Fahrtrichtung und fährt innerhalb der Fläche 1 in eine
andere Richtung weiter, bis sie erneut auf eine Flächengrenze 2 stößt. Im
Laufe der Zeit wird auf diese Weise nach dem Zufallsprinzip die gesamte Fläche 1 automatisch verdichtet.

5

Fig. 3 zeigt die Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in Geradeausrichtung entlang eines Fahrwegs 20. Bei Erreichen der Flächengrenze 2 ändert die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung und führt die Fahrt fort. Die Richtungsänderung bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel unterliegt folgender Regel: Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 biegt stets nach rechts ab und ändert ihren Richtungswinkel um 315° , so dass der Fahrweg 20 einen spitzen Abbiegewinkel α von 45° einschließt. Selbstverständlich sind beliebige andere Winkelstellungen, aber auch andere Fahrtregeln denkbar.

15

In Fig. 4 wird das Beispiel eines Abbiegewinkels α von 90° gezeigt. Ein spitzer Abbiegewinkel α hat jedoch den Vorteil, dass die Fläche 1 auch nach dem Zufallsprinzip relativ rasch verdichtet wird, während bei einem Winkel von 90° , insbesondere bei rechtwinklig zueinander stehenden Flächengrenzen 2, die Gefahr besteht, dass stets der gleiche Fahrweg 20 von der Vibrationsplatte 3 abgefahren wird.

20

Die Flächendefinitionseinrichtung kann im Verhältnis zur ersten Ausführungsform der Erfindung sehr einfach ausgestaltet werden. So ist es z. B. möglich, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe eines gespannten Drahtes oder durch auf den Boden aufgesprühte Farbmarkierungen zu kennzeichnen. Selbstverständlich sind auch andere Kennzeichnungsmöglichkeiten denkbar, die nach einem mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Prinzip arbeiten. So ist es insbesondere bei rechteckigen Flächen sehr einfach denkbar, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe von Lichtschranken zu definieren.

25

30

An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist eine in eine in den Figuren nicht dargestellte Positionserfassungseinrichtung vorgesehen, die ebenfalls einfacher als die weiter oben erläuterte Positionserfassungseinrichtung 18 der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgestaltet sein kann. Es genügt nämlich, wenn die Positionserfassungseinrichtung lediglich die aktuelle Po-

35

1 sition der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in der Nähe einer jeweiligen Flächengrenze 2, also eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 an die Flächengrenze 2 detektiert. Nicht hingegen ist es erforderlich, dass die
5 Positionserfassungseinrichtung ständig die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 erfasst.

Dementsprechend kann die Positionserfassungseinrichtung mit einem geeigneten Detektor ausgestattet sein, um die oben definierten Flächengrenzen 2 zu erkennen.

10 Bei Erreichen der Flächengrenze 2 bewirkt ein sich ebenfalls von dem oben beschriebenen Fahrtgeber 8a/8b unterscheidender, einfacherer Fahrtgeber (nicht dargestellt) eine Änderung einer Fahrtrichtung entsprechend einer vorgegebenen Regel. Wie oben dargelegt, ist es z. B. möglich, stets einen Abbiegevorgang in die gleiche Richtung oder mit einem bestimmten Winkel vor-
15 zusehen. Alternativ dazu können auch zufällig gewählte Winkel abgefahren werden. Es ist lediglich sicherzustellen, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 nach Änderung der Fahrtrichtung nicht weiter das Bestreben hat, über die Flächengrenze 2 - hinauszufahren. Sollte dies - z. B. bei einer fest
20 vorgegebenen Richtungsänderung mit einem konstanten Winkel bei bestimmten Konstellationen von Flächengrenzen 2 - dennoch der Fall sein, müsste der Fahrtgeber umgehend entsprechende weitere Steuerungsmaßnahmen, also z. B. eine erneute Richtungsänderung gemäß der vorgegebenen Regeln, ergreifen.

25 In Fig. 4 ist gezeigt, dass die Flächengrenze 2 jeweils einen Grenzbereich 21 umfassen darf, der eine gewisse Toleranz zulässt, innerhalb der die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung zu ändern hat.

30 Wie bereits in der Beschreibungseinleitung ausführlich erläutert, weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem vorzugsweise eine Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung auf, wie z. B. aus der DE 100 53 446 A1 bekannt. Dabei handelt es sich z. B. um eine Vibrationsplatte 3 mit dem Schwingungserreger 16, der die zwei gegenläufig
35 drehenden Wellen 25, 26 aufweist, auf denen jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse angeordnet ist.

1 Vorteilhafterweise ist die Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrich-
tungsstabilisierung entsprechend der DE 100 35 446 A1 ausgestattet. Dies
ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Selbstverständlich ist es auch mög-
lich, für das Bodenverdichtungssystem eine konventionelle Bodenverdich-
5 tungsvorrichtung, insbesondere eine übliche Vibrationsplatte, zu verwenden,
die keine Fahrtrichtungsstabilisierung im Sinne der DE 100 35 446 A1 auf-
weist. Für die Einhaltung des Fahrwegs sorgt dann der Fahrtgeber, wobei
gelegentliche Abweichungen vom vorgegebenen Kurs akzeptiert werden.

10 In Anlehnung an die DE 100 35 446 A1 können auch Bodenverdichtungsvor-
richtungen mit mehr als einem Schwingungserreger verwendet werden, wie
z. B. in Fig. 5 gezeigt.

Fig. 5a zeigt schematisch die Draufsicht auf eine Vibrationsplatte mit der
15 Bodenkontaktplatte 17, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 versetzt an-
geordnet sind. Zwischen den Schwingungserregern 27, 28 ist eine Hochach-
se 29 vorgesehen. Es ist erkennbar, dass die Schwingungserreger 27, 28 bei
unterschiedlicher horizontaler Kraftwirkung ein Giermoment um die Hoch-
achse 29 erzeugen können.

20 Bei der Variante in Fig. 5b sind auf der Grundplatte 17 einer Bodenverdich-
tungsvorrichtung die Schwingungserreger 27, 28 und zusätzlich ein weiterer
Schwingungserreger 30 angeordnet. Allein aufgrund der Tatsache, dass alle
drei Schwingungserreger Vertikalschwingungen erzeugen, ist ersichtlich,
25 dass eine derartige Vibrationsplatte hervorragend zur wirksamen Bodenver-
dichtung geeignet ist. Durch die unterschiedlich angeordnete Wirkrichtung
der Schwingungserreger - der mittlere Schwingungserreger 30 ist um 90° ge-
genüber den beiden anderen Schwingungserregern 27, 28 verdreht - wird die
Lenkbarkeit der Vibrationsplatte verbessert.

30 Schließlich ist in Fig. 5c eine Vibrationsplatte mit einer kreisförmigen Bo-
denkontaktplatte 31 gezeigt, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 über-
einander und um 90° zueinander versetzt angeordnet sind. Eine derartige
Vibrationsplatte hat keine Vorzugsrichtung im Sinne einer Vorwärts- oder
35 Rückwärtsfahrt, sondern ist universell in jede Richtung einstellbar. Durch
das Ansteuern der Phasenlagen der Unwuchten der einzelnen Schwingungs-
erreger 27, 28 lässt sich nahezu jede beliebige Bewegungsrichtung der Vi-

- 22 -

1 brationsplatte realisieren. Dies ist insbesondere in Kombination mit dem er-
findungsgemäßen Bodenverdichtungssystem sehr vorteilhaft, weil die Vibra-
tionsplatte ihre Richtung ändern kann, ohne dass die Bodenkontaktplatte
31 gegenüber dem zu verdichtenden Boden verdreht werden müsste.

5

In der DE 100 35 446 A1 sind weitere Möglichkeiten beschrieben, wie eine
Bodenverdichtungsvorrichtung aussehen könnte, die in besonders vorteil-
hafter Weise bei dem erfindungsgemäßen Bodenverdichtungssystem Verwen-
dung findet.

10

15

20

25

30

35

1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Bodenverdichtungssystem, mit
 - einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung (3); und
 - 5 - einer Steuervorrichtung (5);wobei die Steuervorrichtung (5) aufweist:
 - eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdich-
 - tenden Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Be-
 - diener;
 - 10 - eine Positionserfassungseinrichtung (18), zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) wenigstens in der Nähe der Flächengrenzen (2);
 - einen Fahrtgeber (8a; 8b) zum Ändern einer Fahrtrichtung durch Vor-
 - geben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrich-
 - 15 tung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flä-
 - chengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.
 2. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - 20 - die Positionserfassungseinrichtung (18) wenigstens zum Erfassen ei-
 - ner Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an eine der Flächen-
 - grenzen (2) ausgebildet ist;
 - die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber (8a; 8b) änderbar ist, wenn
 - 25 die Positionserfassungseinrichtung (18) eine Annäherung an die Flächen-
 - grenze (2) feststellt.
 3. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (18) eine Einrichtung zum me-
 - 30 chanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Kenn-
 - zeichnen der Flächengrenzen (2) aufweist.
4. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum mechanischen Kennzeichnen Band- oder
 - 35 Drahtmittel aufweist, die entlang der Flächengrenzen (2) spannbar sind.
5. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**

1 **net**, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen Farbmittel aufweist, die entlang der Flächengrenzen auf den Boden aufbringbar sind.

6. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen eine Lichtschränke aufweist.

7. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrtgeber (8a; 8b) eine Änderung der Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, während des gesamten Verdichtungs Vorgangs konstanten Winkel (α) oder mit sich während des Verdichtungs Vorgangs ändernden, nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Winkeln bewirkt.

8. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuervorrichtung aufweist:

- eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4) aufgrund der festgelegten Fläche (1), derart, dass die Bodenverdichtungs Vorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt; wobei

- die Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungs Vorrichtung (3) innerhalb der Flächengrenzen (2) ausgebildet ist; und

- der Fahrtgeber (8a, 8b) zum Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungs Vorrichtung (3) aufgrund eines Vergleichs der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe ausgebildet ist, derart, dass die Bodenverdichtungs Vorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

9. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) und/oder die Positionserfassungseinrichtung (18) eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthaltsortes aufweist.

10. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) einen Speicher

- 1 mit geografischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche (1) aufweist.
11. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **da-**
5 **durch gekennzeichnet**, dass die Flächengrenzen (2) durch absolute Ortskoordinaten definierbar sind.
12. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **da-**
10 **durch gekennzeichnet**, dass die Fahrwegsvorgabe durch die Wegplanungseinrichtung (7) in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definierbar ist.
13. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **da-**
15 **durch gekennzeichnet**, dass die Wegplanungseinrichtung (7) mathematische Algorithmen zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist.
14. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **da-**
20 **durch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung (5), insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung (6), der Fahrtgeber (8a) und/oder die Wegplanungseinrichtung (7), räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) angeordnet ist.
15. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **da-**
25 **durch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) angeordnet ist, und dass Daten zwischen der Flächendefinitionseinrichtung (6) und der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) drahtlos, insbesondere über Funk, Infrarot oder durch Laser übertragbar sind.
16. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **da-**
30 **durch gekennzeichnet**, dass räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) und mit dieser über eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke gekoppelt eine Eingabeeinrichtung (9) zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber (8a; 8b) vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist.
17. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **da-**
35 **durch gekennzeichnet**, dass die Positionserfassungseinrichtung (18) mit

- 1 einem Speicher gekoppelt ist, zum Speichern von Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) erreichten Positionen.
18. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **ge-**
5 **kennzeichnet durch** eine Auswerteeinrichtung, die mit der Flächendefinitionseinrichtung (6) und der Positionserfassungseinrichtung (18) gekoppelt ist und die eine Anzeige (12) zum grafischen Darstellen der vorgegebenen Flächengrenzen (2) und der von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) zum jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichteten Fläche aufweist.
- 10 19. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- eine Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Ist-Verdichtungszustands des verdichteten Bodens vorgesehen ist;
 - 15 - die Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung mit der Wegplanungseinrichtung (7) gekoppelt ist, zum Übermitteln von Information bezüglich des Ist-Verdichtungszustands; und dass
 - die Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen der Vorgabe für den Fahrweg (4) unter Berücksichtigung des Ist-Verdichtungszustands ausgebil-
 - 20 det ist.
20. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- in der Wegplanungseinrichtung (7) der Ist-Verdichtungszustand mit
 - 25 einem vorgegebenen Soll-Verdichtungszustand vergleichbar ist;
 - der Fahrweg (4) durch die Wegplanungseinrichtung (7) derart vorgebar ist, dass Bodenflächen, bei denen der Ist-Verdichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und damit bereits eine ausreichende Verdichtung vorliegt, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3)
 - 30 überfahren werden.
21. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) aufweist:
- 35 - einen Fahrtrieb (16) zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung;
 - eine Lenkeinrichtung (16) zum Erzeugen eines Giermoments um eine Hochachse (29) der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);

- 27 -

- 1 - eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung; und
 - eine von dem Istwert und dem vom Fahrtgeber vorgegebenen Sollwert beaufschlagbare Fahrtregelungseinrichtung (15) zum Ansteuern der
5 Lenkeinrichtung und/oder des Fahrantriebs derart, dass eine durch die Differenz zwischen Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.

22. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrtrieb wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung (16) aufweist, mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig drehbaren und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragenden Wellen (25, 26), deren Phasenlage zueinander verstellbar ist.

23. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf wenigstens einer Welle (25, 26) der Schwingungserregungseinrichtung (16) zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind und dass die Lenkeinrichtung (16) zum Verstellen der Phasenlage der beiden Unwuchtmassen ausgebildet ist.

24. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrtrieb und die Lenkeinrichtung durch eine Anordnung von mehreren, zueinander ortsfest getragenen Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) gebildet sind, wobei die
25 Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) jeweils zwei zueinander parallele, gegenläufig drehbare und jeweils wenigstens eine Unwucht tragende Wellen aufweisen, deren Phasenlage verstellbar ist, und wobei jeweils durch eine der Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) eine Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung erzeugbar ist.

25. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebsrichtung von wenigstens einer (30) der Schwingungserregungseinrichtungen von denen der anderen (27, 28) abweicht.

26. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine von der Schwingungserregungseinrich-

1 tung oder den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Boden-
kontaktplatte (31) einen im wesentlichen kreisförmigen Grundriß aufweist.

27. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:

- 5 - Definieren von Flächengrenzen (2) einer zu verdichtenden Fläche (1)
mit einer Flächendefinitionseinrichtung (6);
- automatisches Fahren einer Bodenverdichtungsvorrichtung (3) inner-
halb der Flächengrenzen (2), im Wesentlichen in einer Geradeausrichtung;
- Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an
10 eine der Flächengrenzen (2);
- automatisches Ändern der Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvor-
richtung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige
Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die
Fahrt fortsetzt.

15

28. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:

- Definieren von Flächengrenzen einer zu verdichtenden Fläche (1) und
Speichern von die Flächengrenzen (2) repräsentierenden Daten in einer Flä-
chendefinitionseinrichtung (6);
- 20 - Planen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4), derart, dass eine Boden-
verdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu ver-
dichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt;
- automatisches Fahren der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) entlang
der Fahrwegsvorgabe.

25

29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das au-
tomatische Fahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen der jeweils aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrich-
tung (3);
- 30 - Vergleichen der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe;
- automatisches Fahren und Lenken der Bodenverdichtungsvorrichtung
(3), derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe
folgt.

35

30. Verfahren nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, durch die
Schritte:

- Kontinuierliches Erfassen des Ist-Verdichtungs Zustands des verdich-

- 29 -

- 1 teten Bodens;
- Vergleichen des Ist-Verdichtungszustands mit einem Soll-Verdichtungszustand;
 - Anpassen der Fahrwegsvorgabe derart, dass Bereiche des Bodens, bei
- 5 denen der Ist-Verdichtungszustand größer ist als der Soll-Verdichtungszustand, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) überfahren werden.

10

15

20

25

30

35

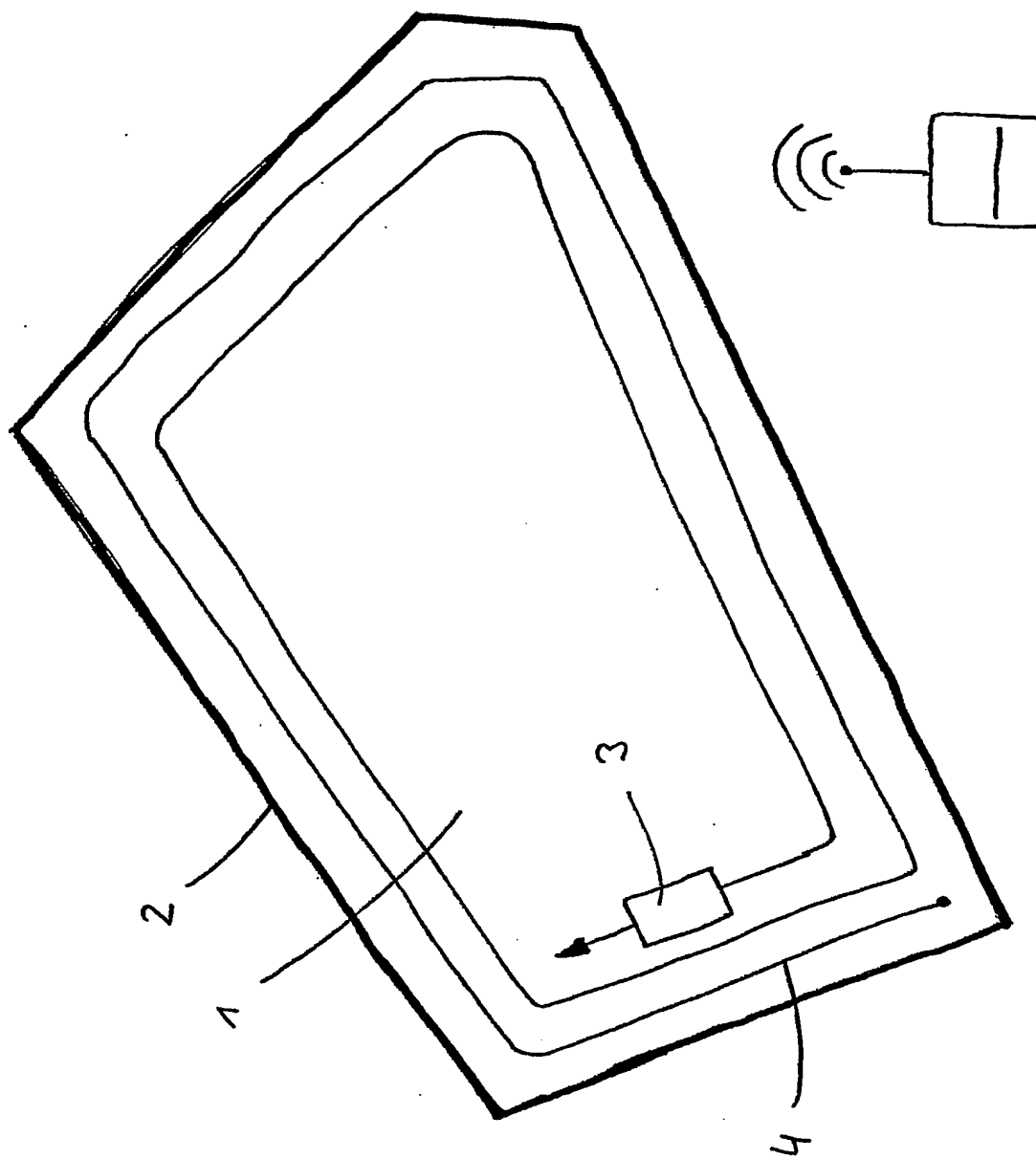


Fig. 1

2/5

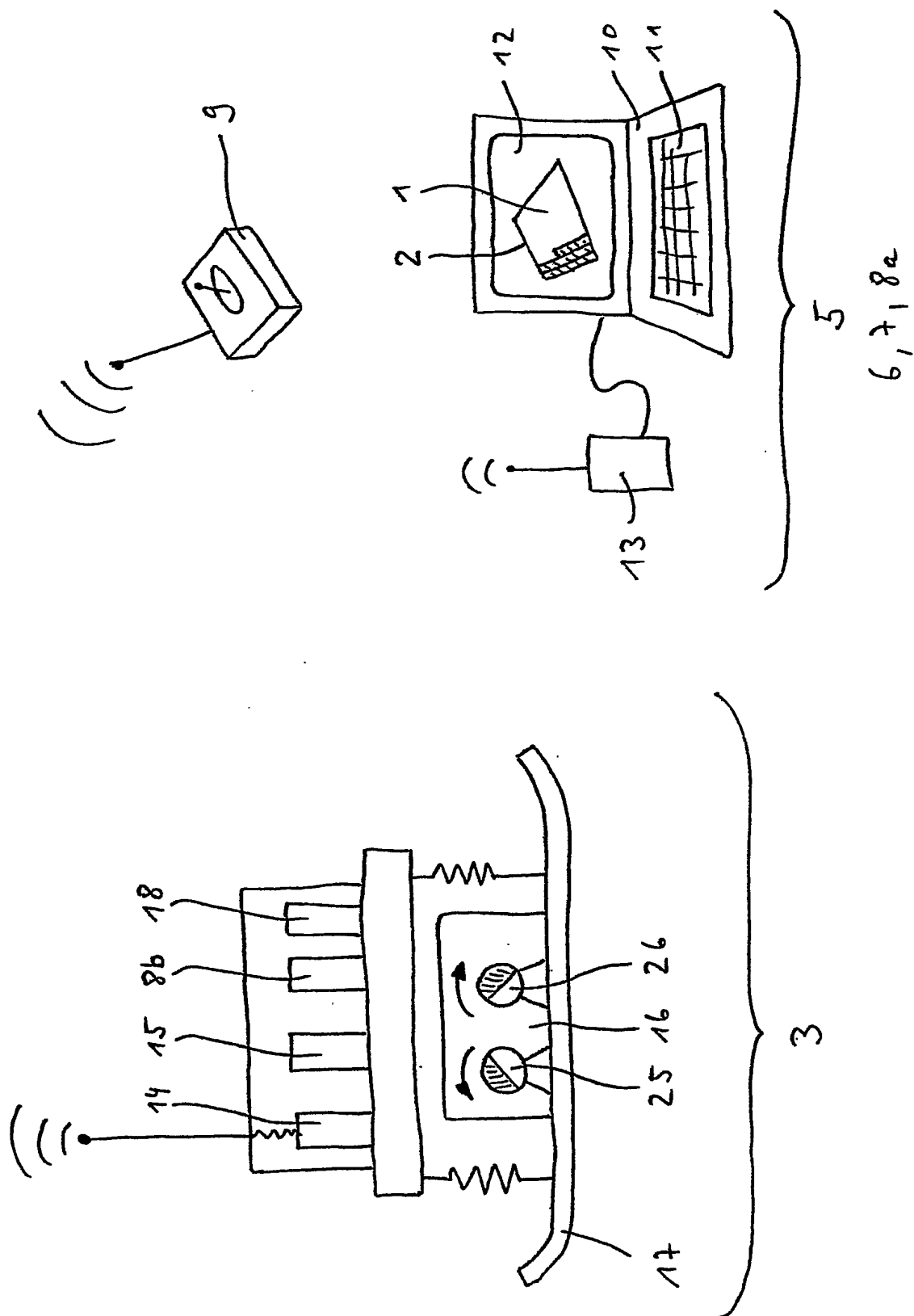


Fig. 2

3/5

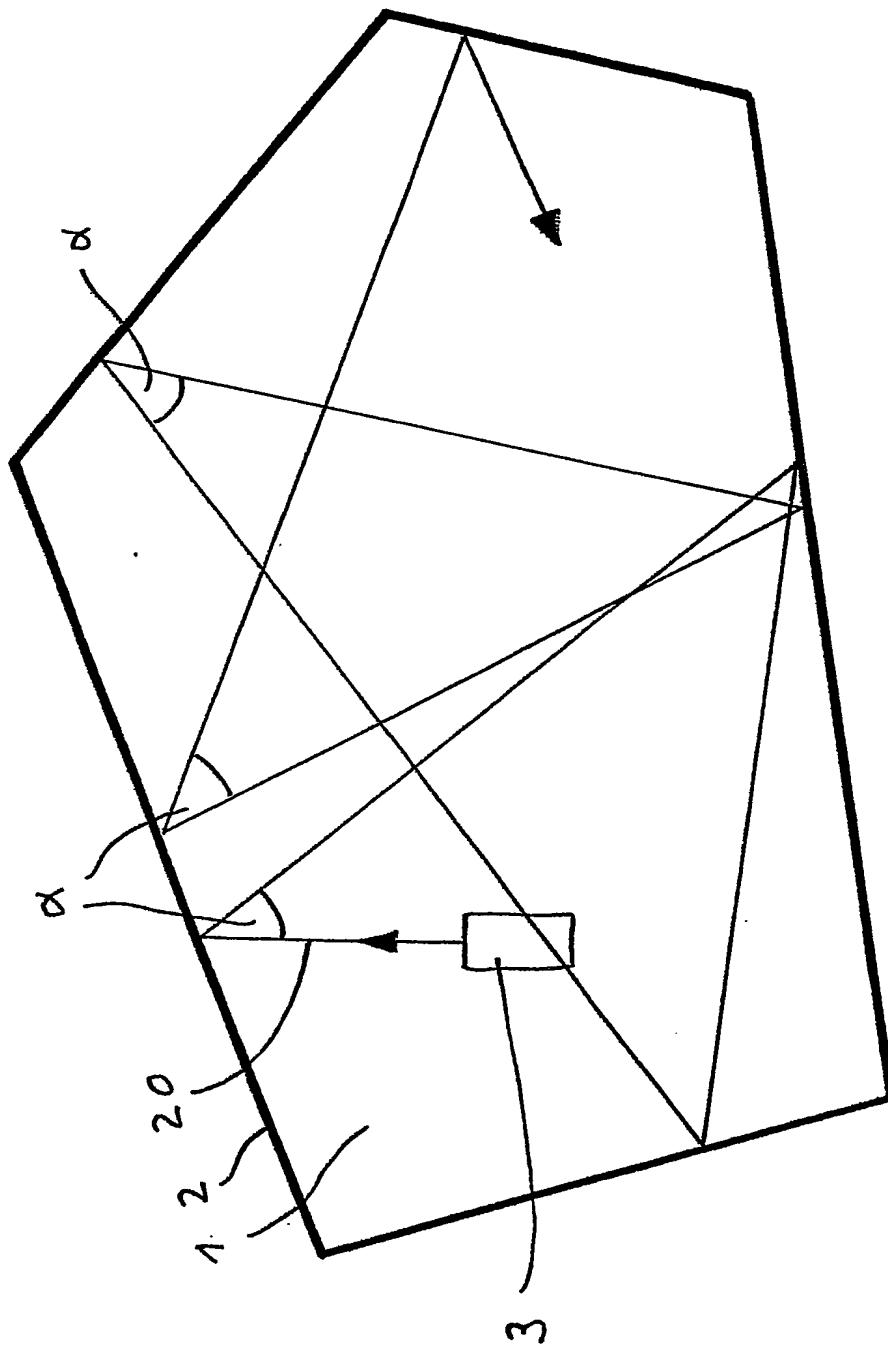


Fig. 3

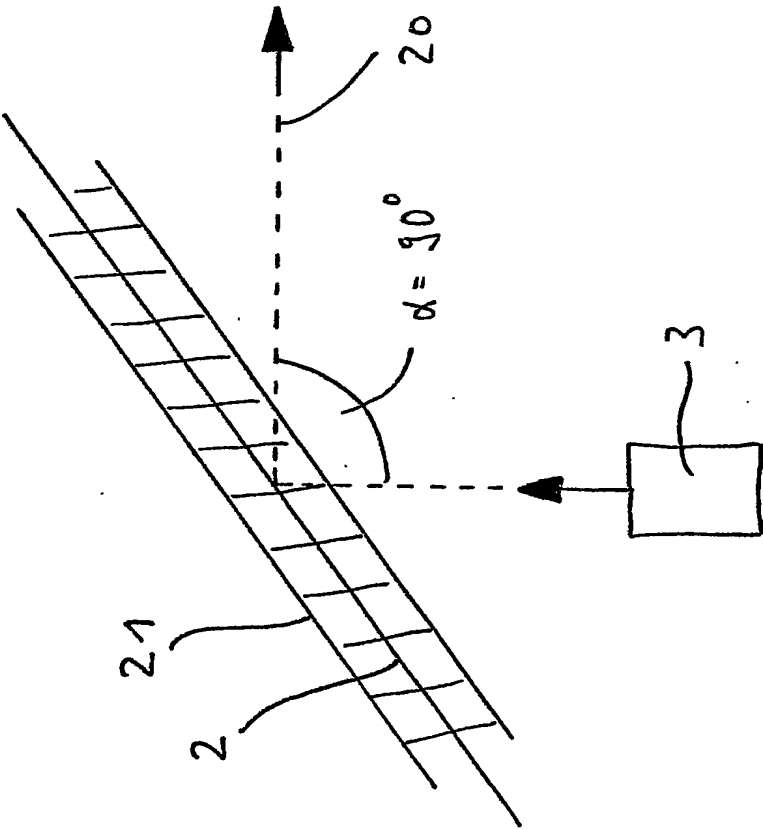


Fig. 4

5/5

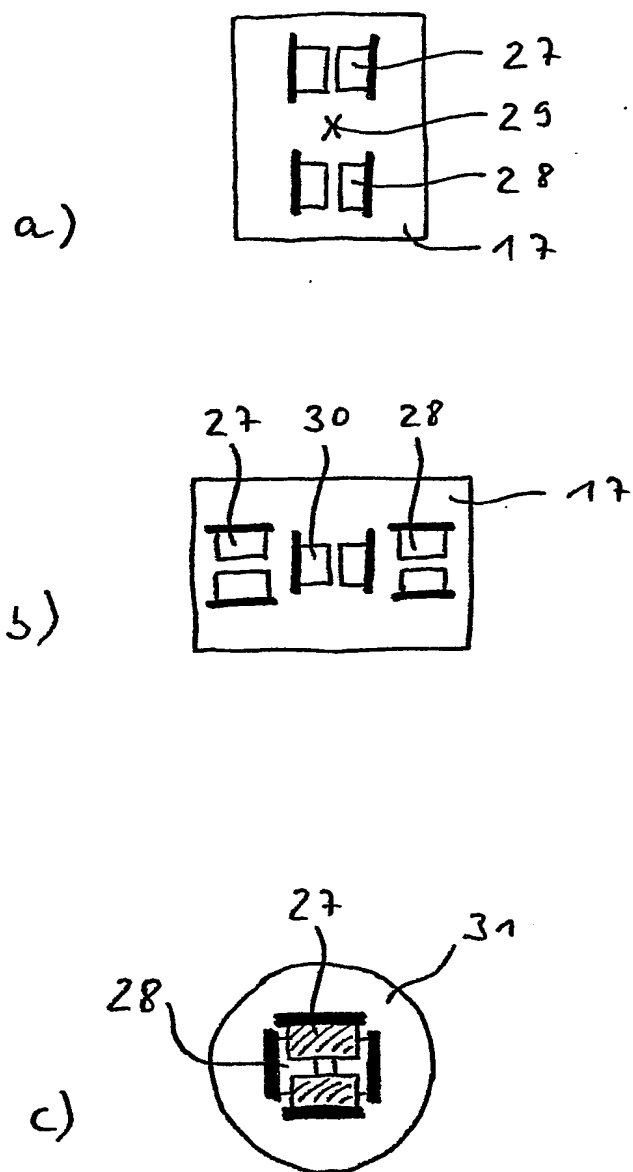


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/003743

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 E01C19/38 E02D3/074

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 E01C E02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 088 644 A (MCGEE ROBERT J ET AL) 11 July 2000 (2000-07-11)	1,2, 7-17, 27-29
Y	the whole document	3-6, 21-26
A	FR 2 697 098 A (SN ENO) 22 April 1994 (1994-04-22)	27
A	page 5, line 33 - page 6, line 6 page 7, line 14 - line 21	3,4,7
X	US 5 646 844 A (GUDAT ADAM J ET AL) 8 July 1997 (1997-07-08)	1,2, 7-15, 18-20, 27-30
	column 4, line 66 - column 10, line 56 column 22, line 42 - line 61 ----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2004

Date of mailing of the international search report

19/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Movadat, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/003743

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 287 048 B1 (HOLLON BLAKE D ET AL) 11 September 2001 (2001-09-11)	3-6
A	column 7, line 36 - column 8, line 31; figures	16
Y	----- DE 100 53 446 A (WACKER WERKE KG) 6 June 2002 (2002-06-06) cited in the application the whole document	21-26
A	----- EP 0 761 886 A (FRANCE ETAT) 12 March 1997 (1997-03-12) the whole document	1-30
A	----- US 4 600 999 A (ITO KATSUMI ET AL) 15 July 1986 (1986-07-15) column 3, line 18 - column 4, line 15; figure 4	1,28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/003743

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6088644	A	11-07-2000	AU 5461399 A GB 2354344 A , B JP 2002522681 T WO 0010063 A1	06-03-2000 21-03-2001 23-07-2002 24-02-2000
FR 2697098	A	22-04-1994	FR 2697098 A1 AT 156276 T DE 69312726 D1 DE 69312726 T2 EP 0664018 A1 WO 9408280 A1 JP 8504521 T	22-04-1994 15-08-1997 04-09-1997 19-03-1998 26-07-1995 14-04-1994 14-05-1996
US 5646844	A	08-07-1997	AU 690979 B2 AU 2246095 A CA 2184481 A1 DE 69501401 D1 DE 69501401 T2 EP 0756653 A1 JP 9512072 T WO 9528524 A1 ZA 9502853 A	07-05-1998 10-11-1995 26-10-1995 12-02-1998 06-08-1998 05-02-1997 02-12-1997 26-10-1995 21-12-1995
US 6287048	B1	11-09-2001	US 6113309 A	05-09-2000
DE 10053446	A	06-06-2002	DE 10053446 A1 WO 0235005 A1 EP 1328685 A1 JP 2004518041 T US 2004022582 A1	06-06-2002 02-05-2002 23-07-2003 17-06-2004 05-02-2004
EP 0761886	A	12-03-1997	FR 2738022 A1 EP 0761886 A1	28-02-1997 12-03-1997
US 4600999	A	15-07-1986	JP 59011409 A AU 547146 B2 AU 1634583 A FR 2530114 A1 GB 2124798 A , B	21-01-1984 10-10-1985 19-01-1984 20-01-1984 22-02-1984

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003743

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 E01C19/38 E02D3/074

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 E01C E02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 088 644 A (MCGEE ROBERT J ET AL) 11. Juli 2000 (2000-07-11)	1,2, 7-17, 27-29
Y	das ganze Dokument	3-6, 21-26
A	FR 2 697 098 A (SN ENO) 22. April 1994 (1994-04-22)	27
A	Seite 5, Zeile 33 - Seite 6, Zeile 6 Seite 7, Zeile 14 - Zeile 21	3,4,7
X	US 5 646 844 A (GUDAT ADAM J ET AL) 8. Juli 1997 (1997-07-08)	1,2, 7-15, 18-20, 27-30
	Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 10, Zeile 56 Spalte 22, Zeile 42 - Zeile 61 ----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. August 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/08/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Movadat, R

INTERNATIONALEN FORSCHUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003743

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 287 048 B1 (HOLLON BLAKE D ET AL) 11. September 2001 (2001-09-11)	3-6
A	Spalte 7, Zeile 36 - Spalte 8, Zeile 31; Abbildungen	16
Y	DE 100 53 446 A (WACKER WERKE KG) 6. Juni 2002 (2002-06-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	21-26
A	EP 0 761 886 A (FRANCE ETAT) 12. März 1997 (1997-03-12) das ganze Dokument	1-30
A	US 4 600 999 A (ITO KATSUMI ET AL) 15. Juli 1986 (1986-07-15) Spalte 3, Zeile 18 - Spalte 4, Zeile 15; Abbildung 4	1,28

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003743

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6088644	A	11-07-2000	AU 5461399 A	06-03-2000
			GB 2354344 A ,B	21-03-2001
			JP 2002522681 T	23-07-2002
			WO 0010063 A1	24-02-2000
FR 2697098	A	22-04-1994	FR 2697098 A1	22-04-1994
			AT 156276 T	15-08-1997
			DE 69312726 D1	04-09-1997
			DE 69312726 T2	19-03-1998
			EP 0664018 A1	26-07-1995
			WO 9408280 A1	14-04-1994
			JP 8504521 T	14-05-1996
US 5646844	A	08-07-1997	AU 690979 B2	07-05-1998
			AU 2246095 A	10-11-1995
			CA 2184481 A1	26-10-1995
			DE 69501401 D1	12-02-1998
			DE 69501401 T2	06-08-1998
			EP 0756653 A1	05-02-1997
			JP 9512072 T	02-12-1997
			WO 9528524 A1	26-10-1995
			ZA 9502853 A	21-12-1995
US 6287048	B1	11-09-2001	US 6113309 A	05-09-2000
DE 10053446	A	06-06-2002	DE 10053446 A1	06-06-2002
			WO 0235005 A1	02-05-2002
			EP 1328685 A1	23-07-2003
			JP 2004518041 T	17-06-2004
			US 2004022582 A1	05-02-2004
EP 0761886	A	12-03-1997	FR 2738022 A1	28-02-1997
			EP 0761886 A1	12-03-1997
US 4600999	A	15-07-1986	JP 59011409 A	21-01-1984
			AU 547146 B2	10-10-1985
			AU 1634583 A	19-01-1984
			FR 2530114 A1	20-01-1984
			GB 2124798 A ,B	22-02-1984